

*item 0 on PTO 892. [signature]**(NB: item N is IDS, not submitted)***PATENT ABSTRACTS OF JAPAN**

(11)Publication number : 11-261105

(43)Date of publication of application : 24.09.1999

(51)Int.Cl.

H01L 33/00

(21)Application number : 10-059378

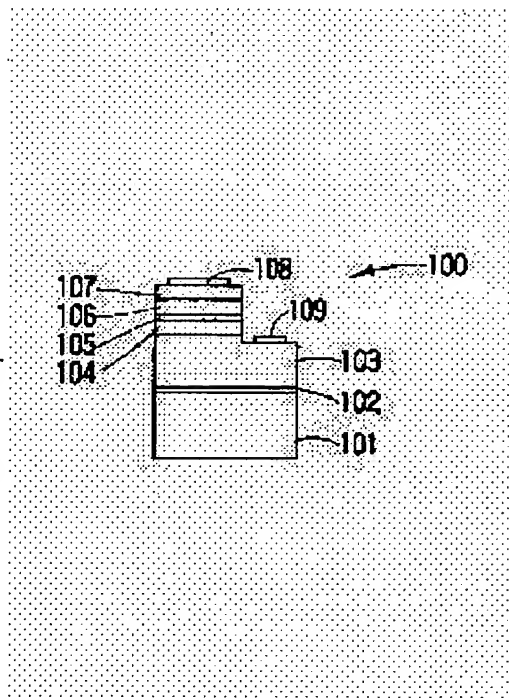
(71)Applicant : TOSHIBA CORP

(22)Date of filing : 11.03.1998

(72)Inventor : SUGAWARA HIDETO
NITTA KOICHI**(54) SEMICONDUCTOR LIGHT-EMITTING DEVICE****(57)Abstract:**

PROBLEM TO BE SOLVED: To prolong the life and select an emission wavelength in the wide wavelength range which includes blue and green by providing a device with an active layer, which includes at least aluminum, indium, gallium, and nitrogen and has an energy gap of less than a specified eV.

SOLUTION: On a sapphire substrate 101, a GaN buffer layer 102, an n-type GaN contact layer 103, an n-type GaN clad layer 104, an n-type InAlGaN active layer 105, a p-type GaN clad layer 106, and a p-type GaN contact layer 107 are grown in this order. For electrodes to be injected with current, a p-side electrode 108 and an n-side electrode 109 are formed on the p-type GaN contact layer 107 and the n-type GaN contact layer 103 exposed by etching, respectively. For the active layer 105, an InAlGaN quaternary (four elements) compound is used. The band gap of the active layer 105 is smaller than 3.42 eV. In this compound system, as the mole fraction of indium increases, the band gap decreases, and when that of aluminum increases, the band gap increases.

**LEGAL STATUS**

[Date of request for examination] 07.06.2001

[Date of sending the examiner's decision of 28.11.2003

rejection]

[Kind of final disposal of application other than the
examiner's decision of rejection or application
converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of 2004-00235
rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's 05.01.2004
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-261105

(43) 公開日 平成11年(1999) 9月24日

(51) IntCl.⁹
H 0 1 L 33/00

識別記号

F I
H 0 1 L 33/00

C

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平10-59378
(22) 出願日 平成10年(1998) 3月11日

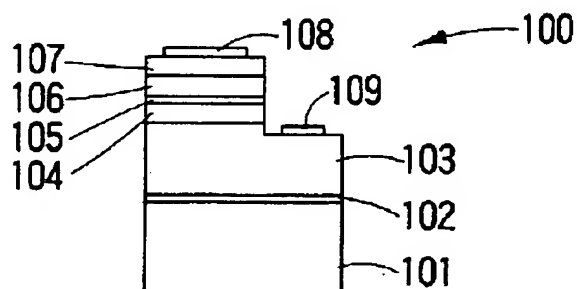
(71) 出願人 000003078
株式会社東芝
神奈川県川崎市幸区堀川町72番地
(72) 発明者 菅 原 秀 人
神奈川県川崎市幸区堀川町72番地 株式会
社東芝川崎事業所内
(72) 発明者 新 田 康 一
神奈川県川崎市幸区堀川町72番地 株式会
社東芝川崎事業所内
(74) 代理人 弁理士 佐藤 一雄 (外3名)

(54) 【発明の名称】 半導体発光素子

(57) 【要約】

【課題】 十分な寿命を有し、且つ青色や緑色など幅広い波長領域において発光波長を選択することができる半導体発光素子を提供することを目的とする。

【解決手段】 窒化ガリウム系半導体を用いた発光素子において In を含む混晶で活性層を作成する場合、少なくとも Al または B も併せて含む混晶とすることにある。これにより、結晶の熱耐性を向上することができ、素子特性の信頼性を大きく向上することができる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 AlとInとGaとNとを少なくとも含み、且つ3.42エレクトロンボルトよりも小さいエネルギー・ギャップを有する活性層を備えたことを特徴とする半導体発光素子。

【請求項2】 BとInとGaとNとを少なくとも含み、且つ3.42エレクトロンボルトよりも小さいエネルギー・ギャップを有する活性層を備えたことを特徴とする半導体発光素子。

【請求項3】 GaNからなる第1導電型の第1のクラッド層と、
前記第1のクラッド層の上に積層され、AlとInとGaとNとを少なくとも含む活性層と、
前記活性層の上に積層され、GaNからなる第2導電型の第2のクラッド層と、
を備えたことを特徴とする半導体発光素子。

【請求項4】 GaNからなる第1導電型の第1のクラッド層と、
前記第1のクラッド層の上に積層され、BとInとGaとNとを少なくとも含む活性層と、
前記活性層の上に積層され、GaNからなる第2導電型の第2のクラッド層と、
を備えたことを特徴とする半導体発光素子。

【請求項5】 AlとGaとNとを含む第1導電型の第1のクラッド層と、
GaNからなる第1導電型の第1のガイド層と、
AlとInとGaとNとを少なくとも含む活性層と、
GaNからなる第2導電型の第2のガイド層と、
AlとGaとNとを含む第2導電型の第2のクラッド層と、
を備えたことを特徴とする半導体発光素子。

【請求項6】 AlとGaとNとを含む第1導電型の第1のクラッド層と、
GaNからなる第1導電型の第1のガイド層と、
BとInとGaとNとを少なくとも含む活性層と、
GaNからなる第2導電型の第2のガイド層と、
AlとGaとNとを含む第2導電型の第2のクラッド層と、
を備えたことを特徴とする半導体発光素子。

【請求項7】 前記活性層は、3.42エレクトロンボルトよりも小さいエネルギー・ギャップを有することを特徴とする請求項3～6のいずれか1つに記載の半導体発光素子。

【請求項8】 前記活性層は、 $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ から $1 \times 10^{21} \text{ cm}^{-3}$ の範囲の濃度のシリコンをさらに含むことを特徴とする請求項1～7のいずれか1つに記載の半導体発光素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は半導体発光素子に関

し、特に、窒化ガリウム系半導体からなる半導体発光素子であって、インジウム(In)を含む活性層を有する半導体発光素子及びその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 窒化ガリウム系半導体は、その光学遷移が直接遷移型であるため高効率の発光再結合が可能であり、半導体レーザあるいは高輝度LEDなどの高効率発光素子の材料としてその開発が行われている。

【0003】 なお、本願において「窒化ガリウム系半導体」とは、 $\text{B}_x\text{In}_y\text{Al}_z\text{Ga}_{(1-x-y-z)}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $0 \leq z \leq 1$) のIII-V族化合物半導体を含み、さらに、V族元素としては、Nに加えてリン(P)や砒素(As)などを含有する混晶も含むものとする。

【0004】 窒化ガリウム系半導体の混晶系のひとつであるインジウム・ガリウム窒素($\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$)は、In組成Xを調節することによりバンドギャップエネルギーをGaNの3.42eVからInNの2eVまで変えることができ、可視の発光素子用の活性層として用いることができる。

【0005】 一般に、半導体レーザや発光ダイオードなどの半導体発光素子においては、いわゆる「ダブルヘテロ型構造」が採用されることが多い。これは、所定の発光波長に対応したエネルギーバンドギャップを有する活性層(或いは発光層)を、それよりも大きなバンドギャップを有するクラッド層でサンドイッチした構造である。このようなダブルヘテロ型の半導体素子の発光層の材料としては、窒化ガリウム系半導体の混晶系のひとつであるインジウム・ガリウム窒素($\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$)を用いることができる。すなわち、インジウム・ガリウム窒化は、In組成Xを調節することによりバンドギャップエネルギーをGaNの3.42eVからInNの2eVまで変えることができ、可視の発光素子用の活性層として用いることができる。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】 しかし、インジウム・ガリウム窒素を発光層に用いた従来の半導体発光素子は、その寿命が十分でないという問題があった。

【0007】 図7は、従来の半導体発光素子の信頼性試験の結果を表すグラフ図である。すなわち、同図は、インジウム・ガリウム窒素($\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$)のインジウム組成Xを20%とした混晶を活性層に用いた青色発光ダイオードの光出力の経時変化を表すものである。ここで、発光波長は約450nmであり、発光ダイオードの動作電流は20mAで動作温度は室温とした。同図から分かるように、発光ダイオードの光出力は、約1000時間を経過した頃から急激に低下し始め、10000時間では約半分まで劣化する。

【0008】 このような光出力の低下は、種々の応用分野において問題を生ずる。例えば、このようなインジウ

ム・ガリウム窒素を活性層に用いた青色発光素子を交通信号に用いる場合には、発光輝度の低下により視認性が劣化するという深刻な問題を生ずる。また、光ディスクシステムのデータ読み出し・書き込み用の発光素子として応用した場合には、データの書き込みが困難となり、読み出しエラーが増加するなどの問題を生ずる。さらに、マルチカラーディスプレイやフルカラーディスプレイ装置においては、経時変化による色ムラなどの問題を起こすこととなる。

【0009】本発明はかかる問題点に鑑みてなされたものである。すなわち、その目的は、十分な寿命を有し、且つ青色や緑色など幅広い波長領域において発光波長を選択することができる半導体発光素子を提供することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】すなわち、本発明による半導体発光素子は、AlとInとGaとNとを少なくとも含み、且つ3.42エレクトロンボルトよりも小さいエネルギー・ギャップを有する活性層を備えたことを特徴とする。

【0011】または、BとInとGaとNとを少なくとも含み、且つ3.42エレクトロンボルトよりも小さいエネルギー・ギャップを有する活性層を備えたことを特徴とする。

【0012】または、GaNからなる第1導電型の第1のクラッド層と、前記第1のクラッド層の上に積層され、AlとInとGaとNとを少なくとも含む活性層と、前記活性層の上に積層され、GaNからなる第2導電型の第2のクラッド層と、を備えたことを特徴とする。

【0013】または、GaNからなる第1導電型の第1のクラッド層と、前記第1のクラッド層の上に積層され、BとInとGaとNとを少なくとも含む活性層と、前記活性層の上に積層され、GaNからなる第2導電型の第2のクラッド層と、を備えたことを特徴とする。

【0014】または、AlとGaとNとを含む第1導電型の第1のクラッド層と、GaNからなる第1導電型の第1のガイド層と、AlとInとGaとNとを少なくとも含む活性層と、GaNからなる第2導電型の第2のガイド層と、AlとGaとNとを含む第2導電型の第2のクラッド層と、を備えたことを特徴とする。

【0015】または、AlとGaとNとを含む第1導電型の第1のクラッド層と、GaNからなる第1導電型の第1のガイド層と、BとInとGaとNとを少なくとも含む活性層と、GaNからなる第2導電型の第2のガイド層と、AlとGaとNとを含む第2導電型の第2のクラッド層と、を備えたことを特徴とする。

【0016】ここで、前記活性層は、3.42エレクトロンボルトよりも小さいエネルギー・ギャップを有することを特徴とする。

【0017】また、前記活性層は、 $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ から $1 \times 10^{21} \text{ cm}^{-3}$ の範囲の濃度のシリコンをさらに含むことを特徴とする。

【0018】

【発明の実施の形態】本発明の骨子は、窒化ガリウム系半導体を用いた発光素子においてInを含む混晶で活性層を作成する場合、少なくともAlまたはBも併せて含む混晶とすることにある。これにより、結晶の熱耐性を向上することができ、素子特性の信頼性を大きく向上することができる。

【0019】即ち、従来主に用いられている活性層InGa_{1-x}Nは熱的な結晶の安定性が十分ではないことから素子特性劣化が起ってしまうのに対し、本発明では熱的安定性が比較的高いAlGa_{1-x}N系などの混晶系InAlGa_{1-x-y}Nを活性層に用いることにより素子の信頼性を向上させることを特徴とする。InAlGa_{1-x-y}N系を活性層に用いた場合、そのInとAlの濃度によりエネルギーギャップを調整して可視から紫外波長の発光を得ることができる。

【0020】以下、図面を参照しつつ本発明の実施の形態について説明する。図1は、本発明の第1の実施の形態に係わる半導体発光素子100の積層構造の概略断面図である。図中、101はサファイア基板であり、この基板上にGa_{1-x}Nバッファ層102、n型Ga_{1-x}Nコンタクト層103、n型Ga_{1-x}N層クラッド層104、n型InAlGa_{1-x-y}N活性層105、p型Ga_{1-x}N層クラッド層106、p型Ga_{1-x}Nコンタクト層107が、順次結晶成長されている。結晶成長は、例えば有機金属気相成長法(MOCVD法)により行うことができる。電流注入を行うための電極は、p型Ga_{1-x}Nコンタクト層106と、エッチングにより露出されたn型Ga_{1-x}Nコンタクト層103の上の一部に、それぞれp側電極108、n側電極109として形成されている。

【0021】本発明においては、活性層105にAlを含んだInAlGa_{1-x-y}N系4元混晶を用いている。また、活性層105のバンドギャップは3.42eVよりも小さい。すなわち、本発明における活性層105のバンドギャップは、Ga_{1-x}Nのバンドギャップである3.42eVよりも小さい。

【0022】従来は、このようにGa_{1-x}Nよりも小さいバンドギャップを有する活性層を形成するためには、Ga_{1-x}Nに対して単純にインジウム(In)のみを添加する方法が取られていた。

【0023】これに対して、本発明においては、Ga_{1-x}Nよりもバンドギャップが小さい活性層を形成するために、InAlGa_{1-x-y}N4元混晶を用いる。この混晶系においては、一般に、インジウム組成を増加するとバンドギャップが小さくなり、アルミニウム組成を増加するとバンドギャップが大きくなる。例えば、インジウム・ガリウム窒素(In_xGa_{1-x}N)のインジウム組成xが約4

5%の混晶は、波長約520nmの緑色の発光を生ずる。これにAlを組成比で約10%程度添加すると、バンドギャップが大きくなり、波長約450nmの青色の発光を得ることができる。本発明によれば、従来のインジウム・ガリウム窒素に対して、アルミニウム(Al)を添加した4元混晶を採用することにより、後に詳述するように発光素子の信頼性が顕著に改善される。

【0024】また、活性層105の上下に設けられているクラッド層104、106は、Ga_{0.9}Nからなる。このように、それぞれのクラッド層をGa_{0.9}Nにより構成すると、青色～緑色に対応するバンドギャップを有する活性層に対して、格子定数のずれが少なくなり、発光素子の寿命をさらに改善することができる。すなわち、青色から可視光領域の波長帯に対応するIn_{0.4}Al_{0.6}Ga_{0.4}N系4元混晶の格子定数は、Ga_{0.9}Nよりも大きい。一方、従来、クラッド層の材料として多用されているAl_{0.4}Ga_{0.6}Nは、Ga_{0.9}Nよりも格子定数が小さい。従って、活性層と隣接するクラッド層の材料として従来のAl_{0.4}Ga_{0.6}Nを用いると、格子定数の差が大きくなるという問題がある。これに対して、本発明によれば、活性層に隣接するクラッド層をGa_{0.9}Nとすることにより、In_{0.4}Al_{0.6}Ga_{0.4}N4元混晶からなる活性層との格子定数の差が小さくなり、さらに信頼性を向上することができる。

【0025】図2は、本発明の半導体発光素子100の寿命試験の結果を表すグラフ図である。ここでは、上述した組成のIn_{0.4}Al_{0.6}Ga_{0.4}N4元混晶を活性層に用いた発光ダイオードについて、動作電流20mAの条件で室温で連続動作させた。図2から分かるように、本発明の半導体発光素子は、10000時間を経過しても光出力が殆ど低下しない。同じ波長領域の青色発光を生ずる従来の半導体素子(図7)と比較して、顕著に寿命が改善されていることが分かる。すなわち、本発明によれば、従来のインジウム・ガリウム窒素の3元混晶に対して、インジウムの組成を増加しつつ、アルミニウムを添加してバンドギャップを調節することにより、半導体発光素子の寿命が顕著に改善される。

【0026】このような本発明の顕著な効果は、従来の通説とは異なるものである。すなわち、従来は、インジウム・ガリウム窒素においてインジウム組成を増加することは、以下に挙げる要因によって結晶の安定性を低下させ、発光素子の信頼性を劣化させるものであるとされてきた。

【0027】まず、第1に、成長温度の低下を挙げることができる。すなわち、インジウム・ガリウム窒素の3元混晶は、Ga_{0.9}NとIn_{0.1}Nとの組み合わせととして考えることができる。ここで、Ga_{0.9}Nについてみると、一般に、結晶品質を高めるためには1000℃以上の成長温度を必要とする。これに対して、比較的蒸気圧の高いInを含むIn_{0.1}Nは、Ga_{0.9}Nよりも成長温度を下げる必要がある。このためインジウム・ガリウム窒素(In_{0.1}G

al_{0.9}N)のインジウム組成xを増加するためには、成長温度をGa_{0.9}Nよりも低くする必要がある。この事実を開示した文献としては、例えば、Appl. Phys. Lett. 59, 2251(1991)を挙げることができる。つまり、インジウム・ガリウム窒素において、インジウム組成を増加するためには、結晶成長温度を下げる必要がある。この結果として、結晶性が低下しやすく、このような結晶を発光素子の活性層に用いた場合には、寿命が短いはずであるとされていた。

10 【0028】一方、インジウム・ガリウム窒素は、2元化合物であるIn_{0.1}NとGa_{0.9}Nとの相互作用パラメータが大きく非混和領域が存在することが知られている。この事実を開示する文献としては、例えば、Appl. Phys. Lett. 71, 105(1997)を挙げることができる。すなわち、インジウム組成を増加すると、この非混和領域に近づくために、結晶が不安定になり、発光素子の活性層として用いた場合にも、寿命が短いはずであるとされていた。

20 【0029】以上説明したように、インジウム・ガリウム窒素は、インジウム組成を増加するほど結晶成長温度を下げる必要があり、このように低温で成長した結晶は熱的に不安定になりやすい。また、非混和領域に近づくために完全結晶が得難い。故に、高インジウム組成の混晶を発光層として用いた素子は特性が不安定であり、特に長時間動作における信頼性は低いはずであるとされていた。

【0030】しかし、本発明者は、本発明に関連して独自の検討を行った結果、インジウム・ガリウム窒素のインジウム組成をある程度増加した場合に、従来の通説とは逆に、発光素子の寿命が改善されることを発見した。

30 【0031】図3は、本発明者の独自の検討の結果得られた半導体発光素子の寿命試験のグラフ図である。すなわち、同図に表したデータは、インジウム組成が45%のインジウム・ガリウム窒素を活性層に採用した発光ダイオードの寿命試験の結果である。図7に示した、インジウム組成が20%の場合のデータと比較すると、インジウム組成が増加しているにも係わらず寿命が改善されている。

40 【0032】つまり、インジウム・ガリウム窒素においては、従来は、インジウムの組成が増加するほど、信頼性が低下すると考えられていたが、実際は、インジウムの組成がある程度多くなると逆に信頼性が回復することを発見した。この結果は、上述した従来の通説とは矛盾するものであり、本発明の作用効果の一部を裏付けるものであると考えられる。つまり、本発明においては、インジウム・ガリウム窒素のインジウム組成を増加し、さらにアルミニウムを添加することによって、バンドギャップを調節する。その結果として、発光素子の寿命が改善される。

50 【0033】例えば、図1に示した本発明の半導体発光素子の活性層105は、従来の緑色発光するInGa_{0.5}N

結晶（インジウム組成45%）に少量のAlを添加して得られたInAlGa₄N元混晶からなり、その発光波長はAlの混晶比により緑色よりも短い波長域に制御している。つまりAlNのエネルギーギャップはGa₄NおよびInNのそれよりも大きいことから、Alを含む系ではAl混晶比の増加に従って発光波長が短くなる。本実施例の構造では緑色発光するInGa₄NにAlを混晶化することにより450nmの青色発光をする素子を得ている。このように従来よりもインジウム組成を増加することにより、図3に見られるように信頼性が向上していることが推測される。

【0034】一方、図2に示したように、本発明の発光素子は、図3の発光素子よりもさらに信頼性が改善されている。この原因についても明らかではないが、アルミニウムを添加することによって結晶の安定性がさらに改善された結果によるものであると推測される。

【0035】次に、本発明者は、本発明の発光素子に対するシリコン（Si）のドーピングの効果を調べた。図4は、本発明の発光素子の活性層のSi濃度と発光強度の関係を示すグラフ図である。同図からわかるようにSi濃度により発光ダイオードの発光強度が変化する。Si濃度が $1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 付近より急激に発光強度が増加し、約 1×10^{18} から $1 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ 付近で最大となり、それ以上高いSi濃度では発光強度は急激に減少する。この傾向は活性層の混晶比を変化させても変わらず、同様の結果が得られた。図1に示した層構造において、InAlGa₄N活性層105に対してSiを $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ ドーピングしたところ、発光波長450nmで、動作電流20mAでの発光強度は3mWであった。この結果は、同一の発光波長を示し活性層にアルミニウムを含まない従来の発光ダイオードの発光強度と同一である。つまり、本発明により活性層にアルミニウムを添加した場合においても従来と同様にシリコンのドーピングによって発光強度を増加できることが分かった。図4から、実用的なシリコン濃度は $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ から $1 \times 10^{21} \text{ cm}^{-3}$ の範囲であることが分かる。また、この範囲のシリコン濃度において、発光素子の信頼性に劣化が生ずることはなかった。すなわち、本発明の発光素子において、この濃度範囲でシリコンをドーピングして発光強度を増加させても、図2に例示したような極めて良好な信頼性が得られた。

【0036】次に、本発明の変形例について説明する。図5は、本発明による第2の半導体発光素子200の積層構造の概略断面図である。すなわち、半導体発光素子200は、半導体レーザであり、a面を主面とするサファイア201の上に窒化物系半導体のレーザ構造が形成されている。具体的には、基板201の上には、順に、Ga₄Nバッファ層202、アンドープGa₄N層203、n型Ga₄Nコンタクト層204、n型AlGa₄Nクラッド層205、n型Ga₄Nガイド層206、活性層20

7、p型Ga₄Nガイド層208、p型AlGa₄Nクラッド層209、p型Ga₄N層210、電流阻止層211、p型Ga₄N層212、p型Ga₄N層213、p型Ga₄Nコンタクト層214が積層されている。また、n型コンタクト層104の上にはn側電極130が形成され、p型コンタクト層114の上には、p側電極131が形成されている。

【0037】ここで、活性層207は、In組成15%で厚さ5nmのAlInGa₄N障壁層とIn組成45%で厚さ3nmのAlInGa₄N井戸層とを有する周期数5の多重量子井戸（MQW）構造からなる。

【0038】本発明によれば、活性層207を構成する多重量子井戸の障壁層と井戸層とをそれぞれAlInGa₄Nの4元系混晶とすることにより、図2に関して前述したように信頼性の顕著な向上を実現することができる。

【0039】また、本発明によれば、活性層207に隣接するガイド層206、208をそれぞれGa₄Nにより構成することによって、AlInGa₄Nからなる活性層207との格子定数の差を小さくし、半導体レーザ素子の信頼性をさらに向上することができる。

【0040】次に、本発明のさらに別の変形例について説明する。図6は、本発明による第3の半導体発光素子300の断面構造を示す模式図である。すなわち、同図の発光素子300は、半導体レーザであり、基板として（0001）面のうちの炭素面を主面とした4H型SiC301を有しており、その上にレーザ構造が形成されている。ここで306が本発明の主眼とする活性層306であり、AlInGa₄Nからなる多重量子井戸型構造を有する。

【0041】半導体レーザ300は、基板301の上に、Ga₄Nバッファ層302、n型Ga₄N層303、n型AlGa₄Nクラッド層304、n型Ga₄Nガイド層305、多重量子井戸活性層306、p型Ga₄Nガイド層307、p型AlGa₄Nクラッド層308、i型AlGa₄N電流阻止層309、p型Ga₄N層310、p型InGa₄Nコンタクト層311が積層された構造を有する。また、SiC基板301の裏面にはn側電極320が形成され、p型コンタクト層311の上には、p側電極321が形成されている。

【0042】ここで、活性層306は、In組成10%で厚さ5nmのAlInGa₄N障壁層とIn組成40%で厚さ3nmのAlInGa₄N井戸層とを有する周期数3の多重量子井戸（MQW）構造からなる。

【0043】このように活性層306を構成する多重量子井戸の障壁層と井戸層とをそれぞれAlInGa₄Nの4元系混晶とすることにより、図2に関して前述したように信頼性の顕著な向上を実現することができる。

【0044】また、活性層306に隣接するガイド層305、307をそれぞれGa₄Nにより構成することによ

って、AlInGaInからなる活性層306との格子定数の差を小さくし、半導体レーザ素子の信頼性をさらに向上することができる。

【0045】さらに、発光素子300においては、基板301として導電性のSiCを用いているので、電極320をその裏面に形成することができる。その結果として、サファイア基板上に形成した場合と比較して、素子構造や製造プロセスを簡略化でき、素子サイズも小さくすることができる。

【0046】以上、具体例を参照しつつ本発明の実施の形態について説明した。しかし、本発明は、これらの具体例に限定されるものではない。

【0047】例えば、上述した具体例ではInGaInにAlを添加することにより発光波長の短波長化の調整をおこなったが、ホウ素(B)を用いた場合でも同様の効果が得られる。または、AlとBとを添加したBInAlGaIn系を活性層に用いても良い。

【0048】さらに、活性層を構成するこれらの混晶のV族元素として、砒素(As)やリン(P)を添加して発光波長を長波長へ調整することもできる。

【0049】また、上述した具体例においては、基板としてサファイアやSiCを用いているが、これらの他にも窒化ガリウム系半導体が成長可能な基板であればよい。例えば、スピネル、ScAlMgO₄、LaSrGaO₄、(LaSr)(AlTa)O₃などの絶縁性基板や、ZnO、Siなどの導電性基板も同様に用いることができる。特に、ZnOはAlInGaIn4元系が格子整合可能であるので、その優位性は高い。

【0050】

【発明の効果】本発明によれば、活性層のInGaInに対してAlやBなどを添加することにより半導体発光素子の特性を安定化できる。すなわち、本発明の半導体発光素子は、10000時間を経過しても光出力が殆ど低下せず、同じ波長領域の青色発光を生ずる従来の半導体素子と比較して、顕著に寿命が改善されている。このように本発明によれば、従来のインジウム・ガリウム窒素の3元混晶に対して、インジウムの組成を増加しつつ、アルミニウムやホウ素を添加してバンドギャップを調節することにより、半導体発光素子の寿命が顕著に改善される。

【0051】このような本発明の顕著な効果は、従来の通説とは異なるものであり、本発明者の独自の検討の結果得られたものである。

【0052】また、本発明によれば、その活性層に隣接する層の材料としてGaNを用いることにより、格子定数の差を縮小し、発光素子の信頼性をさらに向上することができる。すなわち、活性層に隣接するクラッド層などの層をGaNにより構成すると、青色～緑色に対応するバンドギャップを有する活性層に対して、格子定数のずれが少なくなり、発光素子の寿命をさらに改善するこ

とができる。

【0053】また、その発光層にシリコンをドーピングすることによって発光特性を向上できる。すなわち、本発明において実用的なシリコン濃度は $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ から $1 \times 10^{21} \text{ cm}^{-3}$ の範囲であり、この範囲のシリコン濃度において、発光素子の信頼性に劣化が生ずることはなかった。すなわち、本発明の発光素子において、この濃度範囲でシリコンをドーピングして発光強度を増加させても、極めて良好な信頼性が得られた。

【0054】以上詳述したように、本発明によれば、高信頼性且つ高性能の半導体発光素子を実現することができ、産業上のメリットは多大である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態に係わる半導体発光素子100の積層構造の概略断面図である。

【図2】本発明の半導体発光素子100の寿命試験の結果を表すグラフ図である。

【図3】本発明者の独自の検討の結果得られた半導体発光素子の寿命試験のグラフ図である。

20 【図4】本発明の発光素子の活性層のSi濃度と発光強度の関係を示すグラフ図である。

【図5】本発明による第2の半導体発光素子200の積層構造の概略断面図である。

【図6】本発明による第3の半導体発光素子300の断面構造を示す模式図である。

【図7】従来の半導体発光素子の信頼性試験の結果を表すグラフ図である。

【符号の説明】

- 100 半導体発光素子
- 101 サファイア基板
- 102 GaNバッファ層
- 103 n型GaNコンタクト層
- 104 n型GaN層クラッド層
- 105 n型AlGaIn活性層
- 106 p型GaNクラッド層
- 107 p型GaNコンタクト層
- 108 p側電極
- 109 n側電極
- 200 半導体発光素子
- 40 201 サファイア基板
- 202 GaNバッファ層
- 203 アンダーブGaN層
- 204 n型GaNコンタクト層
- 205 n型AlGaInクラッド層
- 206 n型GaNガイド層
- 207 活性層
- 208 p型GaNガイド層
- 209 p型AlGaInクラッド層
- 210 p型GaN層
- 50 211 電流阻止層

* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] About a semi-conductor light emitting device, especially this invention is a semi-conductor light emitting device which consists of a gallium nitride system semi-conductor, and relates to the semi-conductor light emitting device which has a barrier layer containing an indium (In), and its manufacture approach.

[0002]

[Description of the Prior Art] Since the optical transition is a direct transition mold, efficient radiative recombination is possible for a gallium nitride system semi-conductor, and the development is performed as an ingredient of efficient light emitting devices, such as semiconductor laser or the high brightness LED.

[0003] In addition, in this application, the mixed crystal which contains Linn (P), arsenic (As), etc. as a V group element in addition to N shall also be further included with a "gallium nitride system semi-conductor" including the group III-V semiconductor of $B_xIn_yAl_zGa(1-x-y-z)N$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $0 \leq z \leq 1$).

[0004] By adjusting the In presentation X, the indium gallium nitrogen ($In_xGa_{1-x}N$) which is one of the mixed-crystal systems of a gallium nitride system semi-conductor can change bandgap energy from 3.42eV of GaN to 2eV of InN, and it can be used for it as a visible barrier layer for light emitting devices.

[0005] Generally, in semi-conductor light emitting devices, such as semiconductor laser and a light emitting diode, it is and the so-called "double hetero mold structure" is adopted in many cases. This is the structure which sandwiched the barrier layer (or luminous layer) which has an energy band gap corresponding to predetermined luminescence wavelength by the cladding layer which has a bigger band gap than it. As an ingredient of the luminous layer of the semiconductor device of such a double hetero mold, the indium gallium nitrogen ($In_xGa_{1-x}N$) which is one of the mixed-crystal systems of a gallium nitride system semi-conductor can be used. Namely, by adjusting the In presentation X, indium gallium nitriding can change bandgap energy from 3.42eV of GaN to 2eV of InN, and can use it as a visible barrier layer for light emitting devices.

[0006]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, the conventional semi-conductor light emitting device which used indium gallium nitrogen for the luminous layer had the problem that the life was not enough.

[0007] Drawing 7 is a graphical representation showing the result of the reliability trial of the conventional semi-conductor light emitting device. That is, this drawing expresses aging of the optical output of blue light emitting diode which used for the barrier layer the mixed crystal which made 20% the indium presentation X of indium gallium nitrogen ($In_xGa_{1-x}N$). Here, luminescence wavelength is about 450nm and the operating current of light emitting diode made operating temperature the room temperature by 20mA. As shown in this drawing, when the optical output of light emitting diode passed about 1000 hours, it begins to decline [from] rapidly, and deteriorates even in abbreviation one half in 10000 hours.

[0008] Lowering of such an optical output produces a problem in various applicable fields. For example, in using for a traffic signal the blue light emitting device which used such indium gallium nitrogen for the barrier layer, it produces the serious problem that visibility deteriorates by lowering of luminescence brightness. Moreover, when it applies as a light emitting device data read-out and for the writing of an optical disc system, the writing of data becomes difficult and the problem of a read-out error increasing is produced. Furthermore,

problems, such as color nonuniformity by aging, will be caused in a multicolor display or a full color display unit.

[0009] This invention is made in view of this trouble. That is, the object is in offering the semi-conductor light emitting device which has sufficient life and can choose luminescence wavelength in broad wavelength fields, such as blue and green.

[0010]

[Means for Solving the Problem] That is, the semi-conductor light emitting device by this invention is characterized by having the barrier layer which has an energy gap smaller than 3.42 electron volts, including aluminum, In, and Ga and N at least.

[0011] Or it is characterized by having the barrier layer which has an energy gap smaller than 3.42 electron volts, including B, In, and Ga and N at least.

[0012] Or a laminating is carried out on the 1st cladding layer of the 1st conductivity type which consists of GaN, the barrier layer which a laminating is carried out on said 1st cladding layer, and contains aluminum, In, and Ga and N at least, and said barrier layer, and it is characterized by having the 2nd cladding layer of the 2nd conductivity type which consists of GaN.

[0013] Or a laminating is carried out on the 1st cladding layer of the 1st conductivity type which consists of GaN, the barrier layer which a laminating is carried out on said 1st cladding layer, and contains B, In, and Ga and N at least, and said barrier layer, and it is characterized by having the 2nd cladding layer of the 2nd conductivity type which consists of GaN.

[0014] Or it is characterized by having the 2nd cladding layer of the 2nd conductivity type containing aluminum, and Ga and N. [the barrier layer which contains at least aluminum, In, and Ga and N, the 2nd guide layer of the 2nd conductivity type which consists of GaN, and] [the 1st cladding layer of the 1st conductivity type containing aluminum, and Ga and N, the 1st guide layer of the 1st conductivity type which consists of GaN, and]

[0015] Or it is characterized by having the 2nd cladding layer of the 2nd conductivity type containing aluminum, and Ga and N. [the barrier layer which contains at least B, In, and Ga and N, the 2nd guide layer of the 2nd conductivity type which consists of GaN, and] [the 1st cladding layer of the 1st conductivity type containing aluminum, and Ga and N, the 1st guide layer of the 1st conductivity type which consists of GaN, and]

[0016] Here, said barrier layer is characterized by having an energy gap smaller than 3.42 electron volts.

[0017] Moreover, said barrier layer is characterized by including further the silicon of the concentration of the range of $1 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ to $1 \times 10^{21} \text{cm}^{-3}$.

[0018]

[Embodiment of the Invention] The main point of this invention is at least to consider as the mixed crystal which also contains aluminum or B collectively, when creating a barrier layer with the mixed crystal which contains In in the light emitting device which used the gallium nitride system semi-conductor. Thereby, the heat resistance of a crystal can be improved and the dependability of a component property can be improved greatly.

[0019] That is, since the barrier layer InGaN mainly used conventionally does not have the enough stability of a thermal crystal, it is characterized by raising the dependability of a component by this invention to component property degradation taking place by using the mixed-crystal system InAlGaN with an AlGaN system with comparatively high thermal stability etc. for a barrier layer. When an InAlGaN system is used for a barrier layer, since visible [adjust / the concentration of In and aluminum / an energy gap and], luminescence of ultraviolet wavelength can be obtained.

[0020] Hereafter, the gestalt of operation of this invention is explained, referring to a drawing. Drawing 1 is the outline sectional view of the laminated structure of the semi-conductor light emitting device 100 concerning the gestalt of operation of the 1st of this invention. Among drawing, 101 are silicon on sapphire and crystal growth of the GaN buffer layer 102, the n mold GaN contact layer 103, the n mold GaN layer cladding layer 104, the n mold InAlGaN barrier layer 105, the p mold GaN cladding layer 106, and the p mold GaN contact layer 107 is carried out one by one on this substrate. Crystal growth can be performed by metal-organic chemical vapor deposition (MOCVD law). The electrode for performing current impregnation is formed in the part on the p mold GaN contact layer 106 and the n mold GaN contact layer 103 exposed by etching as the p lateral electrode

108 and an n lateral electrode 109, respectively.

[0021] In this invention, InAlGa_N system the mixed crystal of 4 yuan which contained aluminum in the barrier layer 105 is used. Moreover, the band gap of a barrier layer 105 is smaller than 3.42eV. That is, the band gap of the barrier layer 105 in this invention is smaller than 3.42eV which is the band gap of GaN.

[0022] In order to form conventionally the barrier layer which has a band gap [in this way] smaller than GaN, the approach of adding an indium (In) simply to GaN was taken.

[0023] On the other hand, in this invention, in order to form a barrier layer with a band gap smaller than GaN, InAlGa_N the mixed crystal of 4 yuan is used. In this mixed-crystal system, generally, if an indium presentation is increased, a band gap will become small, and if an aluminum presentation is increased, a band gap will become large. For example, as for about 45% of mixed crystal, the indium presentation x of indium gallium nitrogen (In_xGa_{1-x}N) produces green luminescence with a wavelength of about 520nm. If aluminum is added about 10% by the presentation ratio to this, a band gap becomes large and can obtain blue luminescence with a wavelength of about 450nm. According to this invention, by adopting the 4 yuan mixed crystal which added aluminum (aluminum) to conventional indium gallium nitrogen, the dependability of a light emitting device is notably improved so that it may explain in full detail behind.

[0024] Moreover, the cladding layers 104 and 106 in which the barrier layer 105 is formed up and down consist of GaN. Thus, if GaN constitutes each cladding layer, to the barrier layer which has a band gap corresponding to blue - green, a gap of a lattice constant decreases and the life of a light emitting device can be improved further. That is, the lattice constant of the InAlGa_N system the mixed crystal of 4 yuan corresponding to the wavelength range of blue to a light field is larger than GaN. On the other hand, AlGa_N currently used abundantly as an ingredient of a cladding layer has a lattice constant smaller than GaN conventionally.

Therefore, when the conventional AlGa_N is used as an ingredient of the cladding layer which adjoins a barrier layer, there is a problem that the difference of a lattice constant becomes large. On the other hand, according to this invention, by setting to GaN the cladding layer which adjoins a barrier layer, the difference of a lattice constant with the barrier layer which consists of InAlGa_N mixed crystal of 4 yuan becomes small, and can improve dependability further.

[0025] Drawing 2 is a graphical representation showing the result of life test of the semi-conductor light emitting device 100 of this invention. Here, continuous action was carried out at the room temperature by the conditions of 20mA of operating currents about the light emitting diode which used for the barrier layer InAlGa_N the mixed crystal of 4 yuan of the presentation mentioned above. Even if the semi-conductor light emitting device of this invention passes 10000 hours, an optical output hardly declines, so that drawing 2 may show. As compared with the conventional semiconductor device (drawing 7) which produces blue luminescence of the same wavelength field, it turns out that the life is improved notably. That is, according to this invention, the life of a semi-conductor light emitting device is notably improved by adding aluminum and adjusting a band gap, increasing the presentation of an indium to the 3 yuan mixed crystal of conventional indium gallium nitrogen.

[0026] The remarkable effectiveness of such this invention differs from the conventional accepted theory. That is, increasing an indium presentation in indium gallium nitrogen conventionally reduced the stability of a crystal according to the next factor, and it has been supposed that it is it what degrades the dependability of a light emitting device.

[0027] First, lowering of growth temperature can be mentioned to the 1st. That is, the 3 yuan mixed crystal of indium gallium nitrogen can be considered as a combination of GaN and InN. Here, when it sees about GaN, in order to raise crystal quality, generally the growth temperature of 1000 degrees C or more is needed. On the other hand, InN containing In with comparatively high vapor pressure needs to lower growth temperature rather than GaN. For this reason, in order to increase the indium presentation x of indium gallium nitrogen (In_xGa_{1-x}N), it is necessary to make growth temperature lower than GaN. as the reference which indicated this data -- Appl.Phys.Lett. -- 59 and 2251 (1991) can be mentioned. That is, in indium gallium nitrogen, in order to increase an indium presentation, it is necessary to lower crystal growth temperature. When crystallinity tends to have fallen and such a crystal was used for the barrier layer of a light emitting device as this result, it was supposed that a life must be short.

[0028] On the other hand, as for indium gallium nitrogen, it is known that the interaction parameter of InN and

GaN which are a compound is large, and the non-mixing field of 2 yuan exists. As reference which indicates this data, Appl.Phys.Lett.71,105 (1997) can be mentioned, for example. That is, also when the indium presentation was increased, and a crystal became instability and it used as a barrier layer of a light emitting device in order to approach this non-mixing field, it was supposed that a life must be short.

[0029] As explained above, indium gallium nitrogen needs to lower crystal growth temperature, so that it increases an indium presentation, and the crystal which grew at low temperature in this way tends to become instability thermally. Moreover, in order to approach a non-mixing field, perfect crystal is difficult to get. Therefore, it was supposed that the component using the mixed crystal of a high indium presentation as a luminous layer should have an unstable property, and the dependability especially in long duration actuation must be low.

[0030] However, this invention person discovered that the life of a light emitting device was improved by reverse with the conventional accepted theory, when the indium presentation of indium gallium nitrogen was increased to some extent, as a result of performing original examination in relation to this invention.

[0031] Drawing 3 is the graphical representation of life test of the semi-conductor light emitting device obtained as a result of an original examination of this invention person. That is, the data which expressed to this drawing are as a result of life test of the light emitting diode which adopted as the barrier layer the indium gallium nitrogen whose indium presentation is 45%. The life is improved although the indium presentation is increasing as compared with the data shown in drawing 7 in case an indium presentation is 20%.

[0032] That is, in indium gallium nitrogen, it was thought that dependability fell so that the presentation of an indium increased conventionally, but in practice, when the presentation of an indium increased to some extent, it discovered that dependability was recovered conversely. This result is considered that the conventional accepted theory mentioned above is what is contradictory and supports a part of operation effectiveness of this invention. That is, in this invention, the indium presentation of indium gallium nitrogen is increased and a band gap is adjusted by adding aluminum further. The life of a light emitting device is improved as the result.

[0033] For example, the barrier layer 105 of the semi-conductor light emitting device of this invention shown in drawing 1 consists of InAlGaN mixed crystal of 4 yuan which added little aluminum into the conventional InGaN crystal (45% of indium presentations) which carries out green luminescence, and was obtained, and the luminescence wavelength is also controlling the green twist by the mixed-crystal ratio of aluminum in the short wavelength region. That is, since the energy gap of AlN is larger than that of GaN and InN, by the system containing aluminum, luminescence wavelength becomes short according to the increment in aluminum mixed-crystal ratio. With the structure of this example, the component which carries out 450nm blue luminescence has been obtained by mixed-crystal-izing aluminum to InGaN which carries out green luminescence. Thus, by increasing an indium presentation conventionally, it is guessed that dependability is improving so that drawing 3 may see.

[0034] On the other hand, as shown in drawing 2, as for the light emitting device of this invention, dependability is further improved rather than the light emitting device of drawing 3. Although it is not clear about this cause, either, it is surmised by adding aluminum that it is what is depended on the result by which the stability of a crystal has been improved further.

[0035] Next, this invention person investigated the effectiveness of doping of silicon (Si) over the light emitting device of this invention. Drawing 4 R> 4 is the graphical representation showing the relation between Si concentration of the barrier layer of the light emitting device of this invention, and luminescence reinforcement. As shown in this drawing, the luminescence reinforcement of light emitting diode changes with Si concentration. Luminescence reinforcement increases more rapidly [Si concentration] than the $1 \times 10^{16} \text{cm}^{-3}$ neighborhood, it becomes max in the about 1×10^{18} to $1 \times 10^{20} \text{cm}^{-3}$ neighborhood, and luminescence reinforcement decreases rapidly by high Si concentration more than it. Even if this inclination changed the mixed-crystal ratio of a barrier layer, it did not change, but the same result was obtained. In the layer system shown in drawing 1, when Si was doped $1 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$ to the InAlGaN barrier layer 105, 20mA [of operating currents] luminescence reinforcement was 3mW on the luminescence wavelength of 450nm. This result is the same as that of the luminescence reinforcement of the conventional light emitting diode which shows the same luminescence wavelength and does not contain aluminum in a barrier layer. That is, when aluminum was added to a barrier layer by this invention, it turned out that luminescence reinforcement can be increased by doping of

silicon as usual. Drawing 4 shows that the range of practical silicon concentration is $1 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ to $1 \times 10^{21} \text{cm}^{-3}$. Moreover, in the silicon concentration of this range, degradation did not arise in the dependability of a light emitting device. That is, in the light emitting device of this invention, even if it dopes silicon by this density range and made luminescence reinforcement increase, very good dependability which was illustrated to drawing 2 was acquired.

[0036] Next, the modification of this invention is explained. Drawing 5 is the outline sectional view of the laminated structure of the 2nd semi-conductor light emitting device 200 by this invention. That is, the semi-conductor light emitting device 200 is semiconductor laser, and the laser structure of a nitride system semi-conductor is formed on the sapphire 201 which makes the a-th page a principal plane. Specifically on the substrate 201, the laminating of the GaN buffer layer 202, the undoping GaN layer 203, the n mold GaN contact layer 204, the n mold AlGaIn cladding layer 205, the n mold GaN guide layer 206, a barrier layer 207, the p mold GaN guide layer 208, the p mold AlGaIn cladding layer 209, the p mold GaN layer 210, the current blocking layer 211, the p mold GaN layer 212, the p mold GaN layer 213, and the p mold GaN contact layer 214 is carried out to order. Moreover, the n lateral electrode 130 is formed on n mold contact layer 104, and the p lateral electrode 131 is formed on p mold contact layer 114.

[0037] Here, a barrier layer 207 consists of multiplex quantum well (MQW) structure of the periodicity 5 which has an AlInGaIn well layer with a thickness of 3nm at 15% of In presentations with an AlInGaIn barrier layer with a thickness of 5nm and 45% of In presentations.

[0038] According to this invention, by using as the 4 yuan system mixed crystal of AlInGaIn the barrier layer and well layer of a multiplex quantum well which constitute a barrier layer 207, respectively, as mentioned above about drawing 2, the remarkable improvement in dependability is realizable.

[0039] Moreover, according to this invention, by constituting the guide layers 206 and 208 which adjoin a barrier layer 207 by GaN, respectively, the difference of a lattice constant with the barrier layer 207 which consists of AlInGaIn can be made small, and the dependability of a semiconductor laser component can be improved further.

[0040] Next, still more nearly another modification of this invention is explained. Drawing 6 is the mimetic diagram showing the cross-section structure of the 3rd semi-conductor light emitting device 300 by this invention. That is, the light emitting device 300 of this drawing is semiconductor laser, it has the 4H mold SiC301 which made the carbon side of the fields the principal plane as a substrate (0001), and laser structure is formed on it. 306 is the barrier layer 306 made into the chief aim of this invention, and has the multiplex quantum well mold structure which consists of AlInGaIn here.

[0041] Semiconductor laser 300 has the structure where the laminating of the GaN buffer layer 302, the n mold GaN layer 303, the n mold AlGaIn cladding layer 304, the n mold GaN guide layer 305, the multiplex quantum well barrier layer 306, the p mold GaN guide layer 307, the p mold AlGaIn cladding layer 308, the i mold AlGaIn current blocking layer 309, the p mold GaN layer 310, and the p mold InGaIn contact layer 311 was carried out on the substrate 301. Moreover, the n lateral electrode 320 is formed in the rear face of the SiC substrate 301, and the p lateral electrode 321 is formed on p mold contact layer 311.

[0042] Here, a barrier layer 306 consists of multiplex quantum well (MQW) structure of the periodicity 3 which has an AlInGaIn well layer with a thickness of 3nm at 10% of In presentations with an AlInGaIn barrier layer with a thickness of 5nm and 40% of In presentations.

[0043] Thus, by using as the 4 yuan system mixed crystal of AlInGaIn the barrier layer and well layer of a multiplex quantum well which constitute a barrier layer 306, respectively, as mentioned above about drawing 2, the remarkable improvement in dependability is realizable.

[0044] Moreover, by constituting the guide layers 305 and 307 which adjoin a barrier layer 306 by GaN, respectively, the difference of a lattice constant with the barrier layer 306 which consists of AlInGaIn can be made small, and the dependability of a semiconductor laser component can be improved further.

[0045] Furthermore, in a light emitting device 300, since conductive SiC is used as a substrate 301, an electrode 320 can be formed in the rear face. As the result, as compared with the case where it forms on silicon on sapphire, component structure and a manufacture process can be simplified and component size can also be made small.

[0046] In the above, the gestalt of operation of this invention was explained, referring to an example. However,

there is no this invention what is limited to these examples.

[0047] For example, although short wavelength-ization of luminescence wavelength was adjusted by adding aluminum to InGa_N by the example mentioned above, the same effectiveness is acquired even when boron (B) is used. Or the BInAlGa_N system which added aluminum and B may be used for a barrier layer.

[0048] Furthermore, as a V group element of such mixed crystal which constitutes a barrier layer, arsenic (As) and Lynn (P) can be added and luminescence wavelength can also be adjusted to long wavelength.

[0049] Moreover, in the example mentioned above, although sapphire and SiC are used as a substrate, what is necessary is just the substrate with which the gallium nitride system semi-conductor other than these can grow. For example, conductive substrates, such as insulating substrates, such as a spinel, and ScAlMgO₄, LaSrGaO₄, O (AlTa (LaSr))₃, and ZnO, Si, can be used similarly. Since the lattice matching of especially ZnO is possible for AlInGa_N the system of 4 yuan, the predominance is high.

[0050]

[Effect of the Invention] According to this invention, the property of a semi-conductor light emitting device can be stabilized by adding aluminum, B, etc. to InGa_N of a barrier layer. That is, even if the semi-conductor light emitting device of this invention passes 10000 hours, an optical output hardly declines but the life is notably improved as compared with the conventional semiconductor device which produces blue luminescence of the same wavelength field. Thus, according to this invention, the life of a semi-conductor light emitting device is notably improved by adding aluminum and boron and adjusting a band gap, increasing the presentation of an indium to the 3 yuan mixed crystal of conventional indium gallium nitrogen.

[0051] Unlike the conventional accepted theory, the remarkable effectiveness of such this invention is acquired as a result of an original examination of this invention person.

[0052] Moreover, according to this invention, by using Ga_N as an ingredient of the layer which adjoins the barrier layer, the difference of a lattice constant can be reduced and the dependability of a light emitting device can be improved further. That is, if Ga_N constitutes layers, such as a cladding layer which adjoins a barrier layer, to the barrier layer which has a band gap corresponding to blue - green, a gap of a lattice constant decreases and the life of a light emitting device can be improved further.

[0053] Moreover, a luminescence property can be improved by doping silicon to the luminous layer. That is, in this invention, the range of practical silicon concentration is $1 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ to $1 \times 10^{21} \text{cm}^{-3}$, and degradation did not produce it in the dependability of a light emitting device in the silicon concentration of this range. That is, in the light emitting device of this invention, even if it dopes silicon by this density range and made luminescence reinforcement increase, very good dependability was acquired.

[0054] As explained in full detail above, according to this invention, high-reliability and the semi-conductor light emitting device of high performance can be realized, and the merit on industry is great.

[Translation done.]